

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ 38ХА ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 400-700°С

*Дедюлина О.К.*

*профессор, д.т.н. Салищев Г.А.*

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет, г.Белгород  
**dedyulina@bsu.edu.ru**

Исследовано влияние температуры деформации на механизмы формирования вытянутой ультрамелкозернистой структуры в среднеуглеродистой стали 38ХА. Проведены испытания на сжатие предварительно закаленной стали при температурах 400-700°С и различных степенях деформации. Исследована эволюция микроструктуры стали 38ХА после осадки со скоростью  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$  на степени истинной деформации  $\varepsilon \sim 0,3, 0,77$  и  $1,15$ . Определена энергия активации пластической деформации в указанном интервале температур. Установлено наличие двух температурных интервалов: 400-550 и 600-700°С, отличающихся контролирующими механизмами деформации.

Формирование вытянутой ультрамелкозернистой структуры в углеродистых сталях в ходе термомеханической обработки способствует одновременному повышению характеристик прочности и вязкости. При этом важным является то, что образование такой структуры приводит к значительному росту вязкости в температурном интервале хрупко-вязкого перехода [1]. Термомеханическая обработка заключается в проведении закалки и последующей деформации при температурах высокого отпуска сталей. Путем изменения режимов обработки можно получать структуры с разной толщиной вытянутых зерен и долей высокоугловых границ. Формирование структуры при этом контролируется двумя основными процессами: геометрическим эффектом деформации и динамической рекристаллизацией. Целью данного исследования являлось изучение влияния этих процессов на формирование микроструктуры в среднеуглеродистой стали 38ХА при различных температурах деформации.

Деформацию проводили осадкой предварительно закаленной среднеуглеродистой стали 38ХА в температурном интервале 400-700°С с шагом 50°С с разными скоростями деформации. На основе полученных данных были построены зависимости напряжений течения от степени деформации, используя которые были рассчитаны значения энергии активации пластической деформации. Установлено наличие двух температурных интервалов, отличающихся доминирующими механизмами деформации: низкотемпературный (400-550°С) и высокотемпературный (600-700°С).

Эволюция микроструктуры стали исследовалась после осадки со скоростью  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$  на степени истинной деформации  $\varepsilon \sim 0,3, 0,77$  и  $1,15$  (рис. 1). После деформации на максимальную степень при температурах 400 и 500°C средняя толщина ферритных зерен практически одинаковая и равна 230 нм, характерна так же значительная вытянутость зерен: среднее отношение длины ферритного зерна к его толщине составляет 6,5. Средняя толщина ферритного зерна и отношение его длины к толщине для температур деформации 600 и 700°C составляет 470 и 1070 нм, 4,26 и 2,48, соответственно, что связано с увеличением вклада динамической рекристаллизации. Таким образом, в интервале температур 400-550°C основной вклад в формирование микроструктуры связан с геометрическим эффектом деформации, тогда как при более высоких температурах доминирующим процессом становится динамическая рекристаллизация.

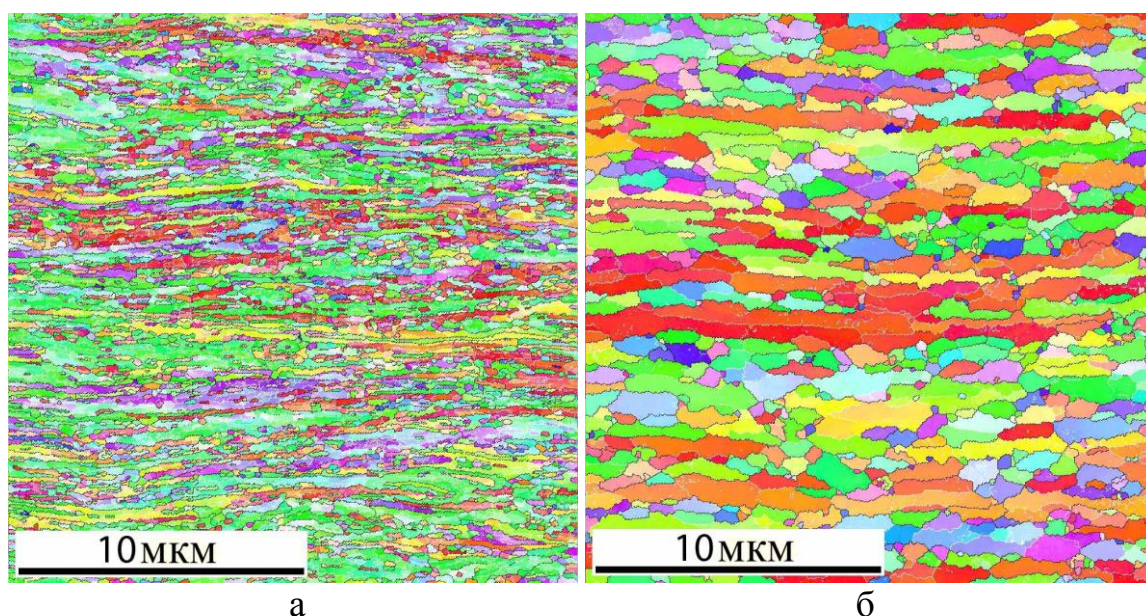


Рис. 1. Карты EBSD, показывающие микроструктуру стали 38ХА после предварительной закалки и осадки при температурах 400 (а) и 600°C (б) на степень истинной деформации  $\varepsilon \sim 1,13$ . Ось сжатия на картах EBSD соответствует вертикальному направлению.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Yuuji Kimura, Tabanobu Inoue, Fuxing Yin, Kaneaki Tsuzaki; Inverse temperature dependence of toughness in an ultrafine grain; Science 320, 1057 (2008).